

## EVALUACION DE TESTIGOS DE PAVIMENTO ELABORADO CON HORMIGON RECICLADO

Zega, C.J.<sup>1</sup> y Casuccio, M.L.<sup>2</sup>

### RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de testigos extraídos de losas de pavimento elaboradas con distintos porcentajes de agregado reciclado en reemplazo del agregado natural. Se determinaron las resistencias a compresión y tracción indirecta y parámetros vinculados con la durabilidad de los hormigones tales como absorción, penetración de agua a presión y succión capilar. Los hormigones reciclados muestran un comportamiento resistente satisfactorio, con disminución de las resistencias al incrementarse el porcentaje de reemplazo, con relación al hormigón control. Desde el punto de vista durable el hormigón con agregado reciclado mostró diferencias de comportamiento con respecto al hormigón control.

### INTRODUCCION

El reciclado de hormigones de demolición para su empleo como agregados en la elaboración de nuevos hormigones está adquiriendo un gran impulso a nivel internacional, debido en su mayor parte a la escasez de recursos naturales y al incremento en los volúmenes de materiales de desecho que se están generando.

En la bibliografía tanto nacional como internacional existen diferentes trabajos sobre el comportamiento de hormigones elaborados en laboratorio con agregados reciclados en reemplazo de diferentes porcentajes del agregado natural (1-3), dejando un vacío con relación al comportamiento de los mismos en obra.

Los países denominados "del primer mundo" cuentan en su mayoría con normas, reglamentos o recomendaciones que incluyen pautas a tener en cuenta al momento de emplear los agregados reciclados para la elaboración de un hormigón estructural (4). Además de la existencia de estas reglamentaciones se debe considerar que estas comunidades poseen en general una conciencia diferente en lo concerniente a la conservación del medio ambiente.

En nuestro país no hay una recomendación que especifique las condiciones que debe cumplir un agregado reciclado para su empleo en hormigón. Considerando que existen experiencias de laboratorio donde los hormigones con agregados reciclados han mostrado un desempeño satisfactorio, surge la necesidad de realizar experiencias de campo a fin de lograr un conocimiento más acabado de la respuesta de dichos hormigones.

---

<sup>1</sup> Becario CONICET, LEMIT. Docente Fac. Ing. UNLP

<sup>2</sup> Becaria CIC, LEMIT. Docente Fac. Ing. UNLP

claudio.zega@gmail.com  
marciacasuccio@gmail.com

Por tal motivo hacia fines del año 2005 se decidió, en conjunto con la Dirección Provincial de Vialidad de Buenos Aires (DVBA), realizar losas experimentales en una de las obras de repavimentación sita en el acceso al puerto de Quequén. El ajuste de las dosificaciones utilizadas como así también el desempeño mostrado por los hormigones reciclados en la obra, forman parte de dos trabajos presentados en la 16° Reunión Técnica de la AATH (5, 6).

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos sobre testigos de dichas losas, sobre los mismos se determinó la resistencia a tracción y compresión como así también diferentes parámetros que evalúan el transporte de líquidos a través de la estructura porosa del hormigón.

## EXPERIENCIAS

Se realizaron losas de pavimento con tres tipos de hormigones, en el primero se reemplazó el 100 % del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado (R), un segundo hormigón fue preparado con el 50 % (GR) de agregado grueso reciclado y el tercero con la totalidad de agregado granítico natural (G), esta última mezcla se empleó como control. Se debe mencionar que el hormigón a partir del cual se obtuvo el agregado reciclado provenía de las losas antiguas (C), que fueron elaboradas con piedra partida cuarcítica como agregado grueso.

Se extrajeron 9 testigos por cada uno de los pavimentos realizados (G, R y GR) como así también de las losas antiguas (C). Se determinaron las resistencias a compresión y a tracción indirecta y se evaluaron diferentes parámetros físicos vinculados con la durabilidad como la absorción de agua, la penetración de agua a presión y la succión capilar.

### Resistencia

Para la determinación de la resistencia a compresión ( $f'_c$ ) se emplearon testigos de 150 mm de diámetro y 200 mm de altura siguiendo el procedimiento normalizado. Para evaluar la resistencia a tracción indirecta ( $f_{cd}$ ) se utilizó el ensayo de tracción por compresión diametral sobre testigos con una altura igual a 150 mm. En la Tabla 1 se presentan los valores de resistencia a compresión y tracción indirecta, obtenidos como promedio de tres determinaciones. En el caso de la resistencia a compresión los valores informados han sido corregidos por esbeltez.

Tabla 1. Resistencias a compresión ( $f'_c$ ) y tracción indirecta ( $f_{cd}$ ).

Hormigón	$f'_c$		$f_{cd}$	
	Promedio (MPa)	COV (%)	Promedio (MPa)	COV (%)
G	45.5	1	3.6	7
GR	36.8	4	3.3	14
R	31.5	2	2.6	6
C	46.4	2	3.6	10

Puede observarse que los hormigones elaborados con agregados reciclados presentan valores de resistencia inferiores a los del hormigón control (G), siendo dicha diferencia del 20 % en el caso del hormigón GR y del 30 % para el hormigón R.

Con relación al ensayo de tracción indirecta se observa un comportamiento similar al de compresión, siendo las disminuciones del 8 % para el hormigón GR y del 28 % en el caso del hormigón R.

Respecto al hormigón de las losas antiguas (C) se observa que la resistencia al momento de la extracción de los testigos era similar a la que presentó el hormigón control (G), el cual tenía una edad de 6 meses.

La menor resistencia de los hormigones reciclados puede justificarse en el hecho que el agregado reciclado presenta una menor resistencia que el agregado natural (2, 7, 8), sumado al elevado deterioro que presentaba el hormigón del pavimento al momento de triturarlo. A esto debe agregarse que por razones operativas en estas losas fue necesario emplear el agregado reciclado sin eliminar la fracción fina, lo que incrementó la demanda de agua; mayores detalles de esta situación y la forma de elaboración de las mezclas han sido incluidos en trabajos previos (6).

### Propiedades físicas

Sobre los testigos se evaluaron diferentes parámetros vinculados con el transporte de líquidos a través de su estructura porosa. Se hicieron determinaciones de la absorción de agua por inmersión, la profundidad de penetración de agua a presión y la velocidad y capacidad de succión capilar.

En la Tabla 2 se presentan los valores de densidad seca, absorción de agua y porosidad (ASTM C 642-90) obtenidos para cada hormigón, correspondiendo cada valor al promedio de 3 determinaciones.

Tabla 2. Propiedades físicas.

Hormigón	Densidad (kg/dm <sup>3</sup> )	Absorción (%)	Porosidad (%)
G	2.35	4.5	10.5
GR	2.23	6.5	14.4
R	2.03	10.0	20.2
C	2.21	5.7	12.6

Puede observarse que el empleo de agregados reciclados en reemplazo del agregado natural produce una modificación en las propiedades físicas de los hormigones, tanto mayor cuanto mayor sea el porcentaje de reemplazo. En el caso de la densidad se produjo una disminución del 5 % en el GR y del 14 % para el R, con relación al hormigón control (G).

La absorción de agua y la porosidad se incrementaron al aumentar el porcentaje de agregado reciclado utilizado. En el caso de la absorción los incrementos fueron del 44 % y 122 % respecto al hormigón G, mientras que la porosidad resultó un 37 % y 92 % mayor para los hormigones GR y R respectivamente.

Las modificaciones en las propiedades físicas de los hormigones reciclados son debidas, en principio, a la presencia de los agregados reciclados y al hecho de que los mismos provenían de la trituración de hormigones elaborados con agregados cuarcíticos. En tal sentido, en la Tabla 2 puede observarse que las mismas propiedades evaluadas en el caso del hormigón C se ven modificadas con relación al hormigón elaborado con piedra partida granítica.

El ensayo de penetración de agua a presión, según se describe en la Norma IRAM 1554 (9), se realizó sobre rodajas de 150 mm de diámetro y 75 mm de espesor aproximadamente, aserradas de los testigos.

Tabla 3. Penetración de agua a presión.

Hormigón	Penetración media (mm)	Penetración máxima (mm)
G	28	39
GR	45	58
R	46	55
C	38	48

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos, se informan los valores de penetración media y máxima de cada uno de los hormigones en estudio determinados como promedio de 3 muestras. Se observa un incremento de los valores de penetración de agua, media y máxima, para los hormigones reciclados respecto a los determinados sobre el hormigón G, no existiendo diferencias entre el hormigón con 50 (GR) y 100 % (R) de agregado reciclado. En el caso del hormigón antiguo (C), puede observarse que los valores resultaron superiores a los del hormigón con agregado granítico, pero sin alcanzar los registrados en los hormigones reciclados.

En la Fig. 1 se muestran fotografías de los perfiles de penetración representativos de los distintos hormigones evaluados.

El ensayo de succión capilar se realizó sobre testigos de 75 mm de diámetro y 100 mm de altura impermeabilizados lateralmente en toda su altura (Fig. 2). El ensayo se efectuó sobre la cara superior de los testigos, es decir sobre la que constituía la cara de rodamiento en el pavimento, siguiendo el procedimiento indicado en la Norma IRAM 1871 (10); cabe aclarar que las dimensiones de las muestras no se corresponden estrictamente con las especificadas en dicha norma. En la Tabla 4 se presentan los valores de velocidad y capacidad de succión capilar determinados sobre cada hormigón. Se observa que en el hormigón con 50 % de agregado reciclado ambos parámetros resultan similares a los del hormigón control, mientras que cuando se utilizó el 100 % de agregado reciclado dichos parámetros superaron en el orden del 60 % a los valores medidos en el hormigón G.

En el caso del hormigón C (losas antiguas) se observan bajos valores de velocidad y capacidad. Este comportamiento puede ser atribuido a que la mayor edad de dicho hormigón da lugar a una estructura porosa diferente que, a la vez, pudo alterarse por efecto del tránsito.

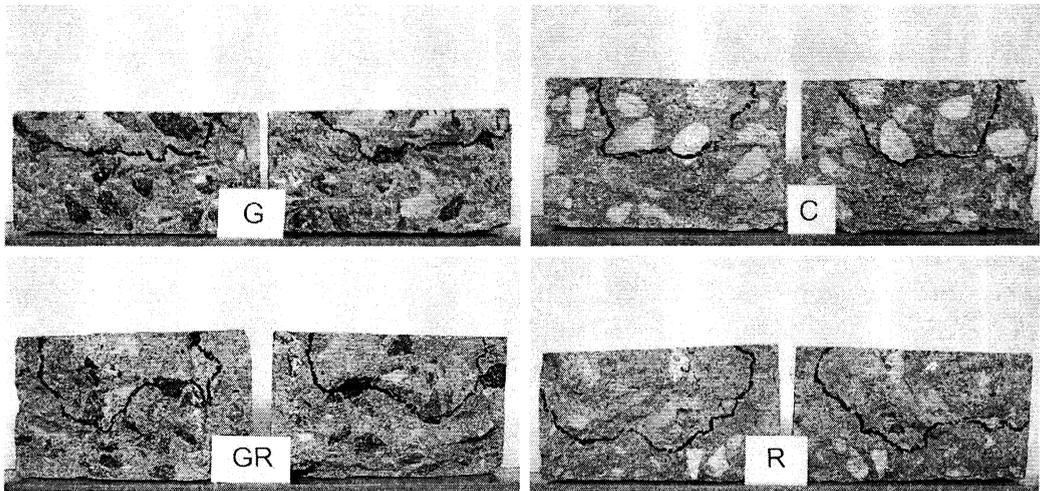


Figura 1. Perfiles de penetración.

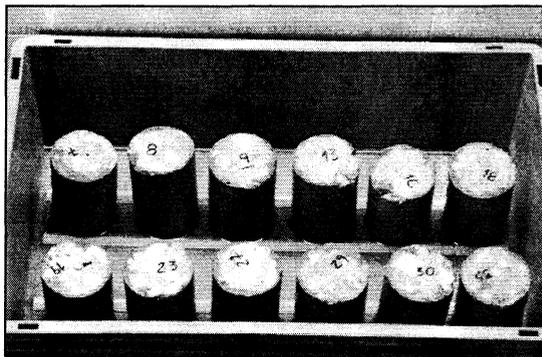


Figura 2. Ensayo de succión capilar.

Tabla 4. Parámetros capilares de los hormigones evaluados.

Hormigón	Velocidad ( $g/m^2 \cdot s^{1/2}$ )	Capacidad ( $g/m^2$ )
G	2.79	1540
GR	2.92	1495
R	4.58	2445
C	0.70	260

## CONCLUSIONES

La evaluación de testigos de losas de pavimento elaboradas con hormigón reciclado evidenciaron un comportamiento resistente inferior, tanto en compresión como en tracción indirecta, en comparación con el observado en testigos del hormigón control. Dicho comportamiento puede justificarse en base a la menor resistencia del agregado reciclado combinada con una mayor demanda de agua durante la elaboración del hormigón.

Los parámetros representativos de las propiedades de transporte indican que los hormigones con agregados reciclados pueden presentar menor durabilidad. Se observó un incremento de la absorción de agua al aumentar el porcentaje de agregado reciclado. En el ensayo de penetración de agua a presión los hormigones reciclados presentaron valores de penetración similares entre sí, pero muy superiores a los del hormigón control. Finalmente en las medidas de succión capilar el incremento de los parámetros con relación al hormigón control fue marcadamente notorio en el hormigón con 100 % de agregado reciclado, mientras que en el hormigón con 50 % de agregado reciclado fue poco significativo.

## REFERENCIAS

- (1) Zega, C.J., Taus, V.L., Villagrán Z., Y.A. y Di Maio, A.A., "Comportamiento físico-mecánico de hormigones sometidos a reciclados sucesivos", Memorias Simposio *fib* "Structural Concrete and Time", La Plata, Argentina, septiembre de 2005, pp. 761-768.
- (2) Casuccio, M., Torrijos, M.C., Giaccio, G. and Zerbino, R., "Failure mechanism of recycled aggregate concrete", *Construction and Building Materials*, 2007, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2007.03.032.
- (3) Rahal, K., "Mechanical properties of concrete with recycled coarse aggregate", *Building and Environment*, Vol. 42, N° 1, 2007, pp. 407-415.
- (4) RILEM Recommendation: 121-DRG "Guidance for demolition and reuse of concrete and masonry. Specifications for concrete with recycled aggregates", *Materials and Structures*, Vol. 27, 1994, pp. 557-559.
- (5) Zerbino, R., Giaccio, G., Casuccio, M., Zega, C., Martín, R., Perera, E. y Héctor, S., "Caracterización en laboratorio de hormigón reciclado para su aplicación en obra", Memorias 16° Reunión Técnica de la AATH, Mendoza, Argentina, 2006, pp. 55-62.
- (6) Zerbino, R., Giaccio, G., Casuccio, M., Zega, C., Martín, R., Perera, E. y Héctor, S., "Empleo de hormigón reciclado para la construcción de losas de pavimento urbano", Memorias 16° Reunión Técnica de la AATH, Mendoza, Argentina, 2006, pp. 63-70.
- (7) Sri Ravindrarajah, R., Loo, Y.H. and Tam, C.T., "Strength evaluation of recycled-aggregate concrete by in-situ tests", *Materials and Structures*, Vol. 21, 1988, pp. 289-295.
- (8) Limbachiya, M.C., Leelawat, T. and Dhir, R.K., "Use of recycled concrete aggregate in high-strength concrete", *Materials and Structures*, Vol. 33, 2000, pp. 574-580.
- (9) Norma IRAM 1554:1983. Hormigón de cemento portland. Método de determinación de la penetración de agua a presión en el hormigón endurecido.
- (10) Norma IRAM 1871:2004. Hormigón. Método de ensayo para determinar la capacidad y la velocidad de succión capilar de agua del hormigón endurecido.